

3数据链路层广播信道

2019年5月3日 22:57

◆

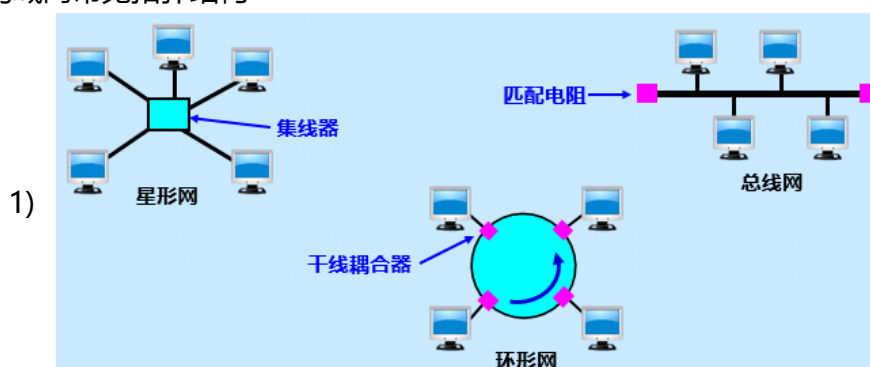
◆ 使用广播信道的数据链路层

(1) 局域网特点：为一个单位所拥有；地理范围和站点数目均有限

(2) 局域网优点

- 1) 有广播功能，从一个站点可很方便地访问全网
- 2) 局域网上的主机可共享连接在局域网上的各种硬件和软件资源
- 3) 便于系统的扩展和逐渐演变，各设备的位置可灵活调整和改变
- 4) 较高reliability可靠性、availability可用性和survivability生存性

(3) 局域网常见拓扑结构



(4) 局域网传输媒体：一般是双绞线，仅当需要数Gb/s时才考虑光纤

(5) 局域网要考虑的问题其实不局限于数据链路层，物理层也有很多问题

(6) 如信道共享问题

- 1) 静态划分：即物理层介绍的方法，代价较高，并不适合局域网
- 2) 动态媒体接入控制，又称multiple access多点接入：信道并非在用户通信时固定分配给用户
 - a) 随机接入：任意发消息，发生碰撞冲突后同时失效，再由一定协议解决碰撞冲突，是本节主要内容
 - b) 受控接入：按一定规则地发消息，如分散控制的令牌环局域网和几种控制的多点线路polling探询或轮询

1- 局域网的数据链路层

(1) 以太网是美国Xerox施乐公司Palo Alto研究中心简称PARC研制的基带总线局域网，以历史上表示传播电磁波的以太命名

1. 以太网的两个标准

- (1) DIX Ethernet V2 是世界上第一个局域网产品（以太网）的规约，是DEC、Intel、Xerox共同提出的
- (2) 之后IEEE的802.3工作组也提出了对帧格式做出微小变动的新标准
- (3) 两种标准基本兼容，都可视为广义上的“以太网”
- (4) 为了适应商业竞争时的各种标准，802工作组将标准分为了Logical Link Control逻辑链路控制LLC和Medium Access Control媒体接入控制MAC两个子层，MAC对LLC是透明的

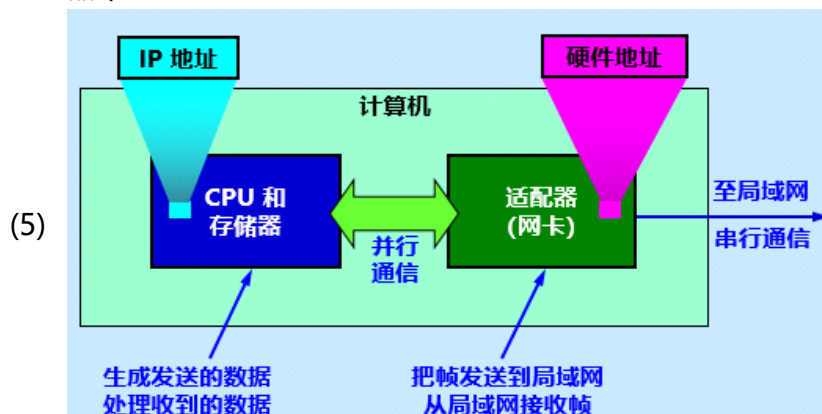
- (5) 90年代后局域网市场基本被以太网垄断，甚至说等价于局域网，现在LLC协议已经甚至已不被适配器安装，本节也不再讨论

2. adapter适配器的作用：让计算机能与外界局域网连接

- (1) 最早的适配器是Network Interface Card网络接口卡/网卡NIC
- (2) 适配器和局域网的通信一般是通过电缆或双绞线的串行传输实现的
- (3) 适配器和计算机的通信一般是通过计算机主板的IO总线并行传输实现
- (4) 因此适配器还有个功能是**串并转换**和数据缓存

3. 适配器的工作

- (1) 一般计算机需要安装适配器的驱动程序，来控制适配器与内存的什么位置进行交互，而适配器需要实现以太网协议
- (2) 适配器的工作也不局限于是数据链路层，不过物理层的工作一般也被集成在了一起，不能分开考虑
- (3) 适配器接收和发送各种帧时一般CPU不参与干涉，适配器只在收到正确帧时会发出中断信号通知计算机，并交付给网络层；而计算机想要发出数据时，会通知适配器代为组装成帧并发送到局域网
- (4) 计算机的“硬件地址”存在适配器的ROM中，而软件地址则在计算机的存储器中



2- Ethernet 以太网 和 Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection 载波监听多点接入/碰撞检测协议 CSMA/CD

- (1) 局域网上的计算机可称为主机、工作站、站点、站
- (2) 最初的以太网：所有计算机都连接在一根总线，因为当时都认为有源器件不可靠，无缘电缆最可靠
- (3) 当时的以太网，每当有总线上的计算机想发送数据，总线上其他所有主机都能检测到该数据，实现了无差别广播通信，如果需要一对一通信，可以通过在帧首部指定目的地址，只有硬件地址与目的地址相同的适配器可以接受该数据帧

1. 以太网的特点

- (1) 灵活的无连接工作方式：不对帧编号，不要求发回确认
 - 1) 即以太网只需提供“尽最大努力交付”=不可靠交付的服务，这是因为局域网信道质量值得信赖一般不考虑出错的问题，仅当CRC查出错时会抛弃帧，是否重传也交给高层决定
 - 2) 如TCP协议会要求重传，而以太网并不知道他需要进行重传，只负责传

TCP协议传下来的数据就完事了

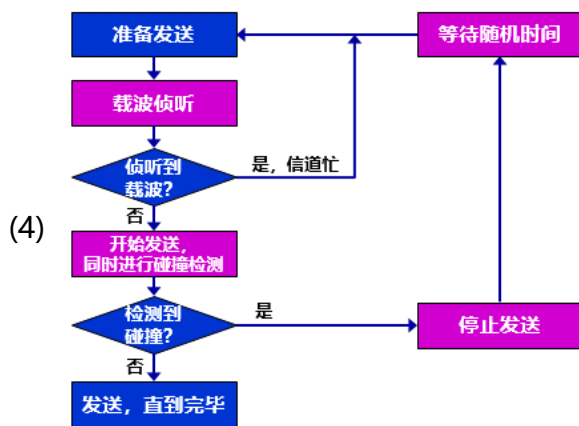
- 3) 总线资源只能允许同时一台计算机发送数据，协调冲突的协议即为CSMA/CD，也就是说CSMA/CD一般工作在半双工通信时

(2) 发送数据信号默认为Manchester编码

- 1) 即根据一个码元的中间段是上升还是下降来判断10
- 2) 优点是遇到长串1或0也能轻松自同步，缺点是频带宽度翻倍了（即每秒传输的码元数量翻倍了）

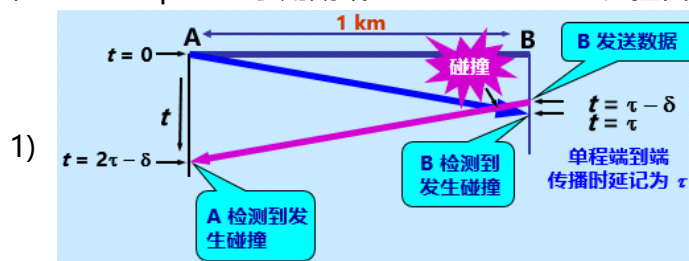
2. CSMA/CD的要点

- (1) 多点接入MA：说明这是总线型网络
- (2) 载波监听CS：其实并没有用载波，只是每个站在发送前后都必须时刻用电子技术检测信道是否空闲，因为只有不发生碰撞才能发送数据
- (3) 碰撞检测CD：即一边发送数据一边要继续监听总线信号电压，超过一定门限值后说明有两个站在同时发送数据，并发生碰撞了



3. 关于碰撞检测

- (1) 碰撞/冲突发生后会导致信号严重失真，无法识别，因此一旦检测出碰撞，就必须立即停止发送，等一段随机时间后再发送
- (2) 电磁波在1km电缆的传播时延约 $5\mu s$ ，每个站在发送数据后的几 μs 内并不确定有没有发生碰撞，这一特点称为以太网发送的不确定性
- (3) 设单程端到端传播时延为 t ，则最坏情况在往返 $2t$ 时才能检测到碰撞，称这个 $2t$ 为content period争用期或collision window碰撞窗口



- (4) 经过争用期后就可确保这一帧没有发生碰撞了，相反的，如果收到帧长度 $<$ 争用期 \times 数据发送速率的帧，一般直接默认为是在争用期内由于冲突导致异常中止的无效帧，会被直接丢弃
- (5) 发生碰撞的话就需要推迟或者说退避一段时间后，再重新发送，这个退避时间的算法如下：

4. truncated binary exponential backoff截断二进制指数退避算法

- (1) 规定争用期为 $51.2\mu s$ ，对于默认网速 $10Mb/s$ 的以太网，这段时间内可以发

送512比特，有时可以直接以比特数衡量争用期长短

- (2) 从整数集 $[0, 1, \dots, 2^k - 1]$ 中随机取出一个数 r ，则 r 倍争用期即为重传推后时间，其中 $k = \min\{\text{重传次数}, 10\}$
- (3) 若 $k = 16$ 还没成功发出，则直接丢弃该帧，并向高层报告
- (4) 这种随重传次数而增大推迟平均时间的退避称为动态退避

5. 争用期远长于实际端到端往返时间的原因

- (1) 强化碰撞：检测到碰撞后，除了立即停止发送外，还要再发送32或48bit的 jamming signal 干扰信号，以便让其他用户明确发生了碰撞
- (2) 因此实际上总线被占用的时间会达到3倍端到端传播时延
- (3) 另外以太网还规定了帧间最小间隔 $9.6\mu s = 96$ 比特时间，以便清理缓存

6. CSMA/CD协议的工作要点

- (1) 准备发送：适配器收到高层的分组，加上以太网的首部和尾部，组成以太网帧，放入缓存，开始检测信道
- (2) 检测信道：信道忙时不停检测，连续96比特时间检测到空闲后才发送
- (3) 发送后仍需不断检测信道，争用期内监听不到碰撞说明发送成功，回到1；检测到碰撞时应立即停止发送原数据，并发送一段干扰信号，等待一段按TBEB算法算出的时间后回到步骤2
- (4) 注：发送后的争用期是需要保留帧数据的，争用期后确认无碰撞，即不需要重传后才可删除
- (5) **最短帧长=传播速率/2倍传播时延**

3- 使用hub集线器的星形拓扑

1. 星形以太网

- (1) 1990年IEEE推出了星形以太网标准10Base-T，10代表数据率为10Mb/s，BASE代表连接线上的信号为基带信号，T代表双绞线
- (2) 现在粗缆和细缆的以太网都从市场上消失了
- (3) 星形以太网中站点到集线器的距离一般不超过100m，这种以太网的出现是局域网史上极重要的一个里程碑，也确立了以太网的统治地位
- (4) 另外，如果需要远程连接，也可以使用光纤做传输媒体，对应10BASE-F标准

2. 集线器的特点

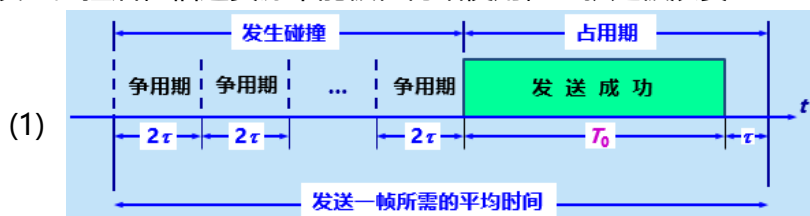
- (1) **物理上是星形网，逻辑上仍是总线网**，需要使用CSMA/CD
- (2) 集线器有很多硬件端口或称为接口，很像是多接口的转发器，这些接口通过RJ-45插头连接计算机适配器（比电话机的RJ-11接口稍大）
- (3) **集线器工作在物理层**，每个接口仅负责转发比特，不需要碰撞检测
- (4) 集线器的专门芯片可抵消自适应串音回波，即每个比特在再生整形形成强信号转发出去时不会干扰正在被接收的弱信号

3. stackable堆叠式集线器：将多个集线器堆叠起来使用

- (1) 集线器一般有少量容错能力和网络管理功能，如一个故障适配器不断发送以太网帧时，集线器会在内部断开与它的连线
- (2) 模块化机箱式智能集线器有很高的可靠性，网络功能以模块方式实现
- (3) 各模块均可热插拔，不断电也可更换或增加新模块
- (4) 集线器上的指示灯还可显示网络上的故障情况，方便网络管理

4- 以太网的信道利用率

1. 发生碰撞后，信道资源不能被任何站使用，也就是被浪费了



- (1) 帧的发送时间 $T_0 = L/C$ s, 其中帧长为 L bit, 数据发送速率为 C bit/s
- (2) 设 t 是以太网单程端到端传播时延, 即争用期的一半
- (3) 则成功发送一个帧需要占用信道的时间是 $T_0 + t$, 其中 t 是为避免碰撞而产生的被浪费的时间
2. 令参数 $a = t / T_0$, 即单程端到端时延与帧发送时间 T_0 之比
 - (1) 易知 $a \rightarrow 0$ 表示一发生碰撞就立即可以检测出来, 并立即停止发送, 信道利用率很高
 - (2) a 越大, 表明争用期所占的比例增大, 每发生一次碰撞就浪费许多信道资源, 使得信道利用率明显降低
 - (3) 因此, 为提高利用率, 以太网的参数 a 的值应当尽可能小些
3. 改进思路
 - (1) 数据率一定时, 限制太网的连线的长度, 使 t 减小
 - (2) t 一定时, 增长以太网帧长, 使 T_0 增大
4. 信道利用率最大值 (理想值)

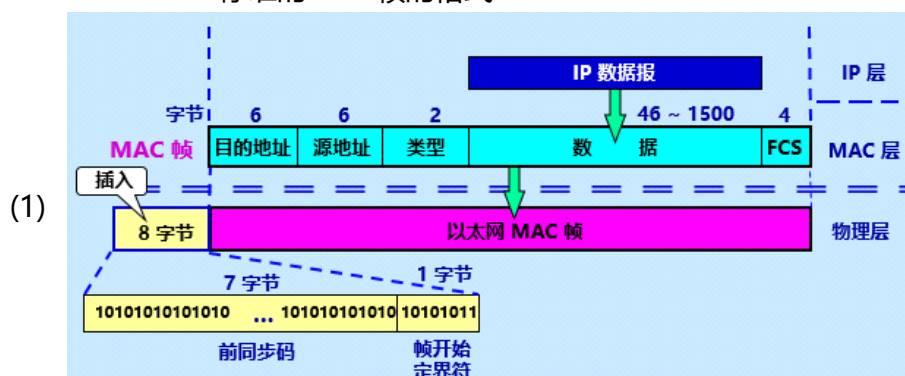
$$(1) S_{\max} = \frac{T_0}{T_0 + \tau} = \frac{1}{1 + a}$$

- (2) 据统计, 当以太网的利用率达到 30% 时就已经处于重载的情况。很多的网络容量被网上的碰撞消耗掉了

5- 以太网的MAC层

1. MAC层的hardware硬件地址/物理地址/MAC地址
 - (1) identification system标识系统中地址是作为识别系统的标识符 (标准汉语词典推荐将标识zhi改成标志, 为区分flag, 此处才译作标识)
 - (2) SHOC78的定义: 名字指出所寻资源, 地址指出资源在何处, 路由告诉我们如何到达该处。按这种说法, 局域网地址实为 “名字”
 - 1) 原地更换新适配器也会更改MAC地址
 - 2) 不换适配器地移动计算机不会更改MAC地址
 - (3) MAC地址是48位的二进制串
 - (4) IEEE标准是允许16位MAC地址的, 但为了方便标识, 一般都用48位
2. IEEE的Registration Authority注册管理机构RA是局域网全球地址法定管理机构, 负责分配地址字段的高24位
 - (1) 生产局域网适配器的厂家需要购买前三个字节, 作为Organizationally Unique Identifier组织唯一标识符OUI或称company_id公司标识符
 - (2) 不过实际上一个公司可以买很多OUI, 几个公司可以买同一个OUI
 - (3) 后24位则称为Extended Unique Identifier扩展标识符
 - (4) 拼接以后即得到了Extended Unique Identifier扩展唯一标识符EUI

- (5) IEEE 规定地址字段的第一字节的最低位为 I/G 位，表示 Individual / Group，当 I/G 位 = 0 时，地址字段表示一个单站地址；当 I/G 位 = 1 时，表示组地址，用来进行多播
 - (6) IEEE 把地址字段第一字节的最低第 2 位规定为 G/L 位，表示 Global / Local，当 G/L 位 = 0 时，是全球管理（保证在全球没有相同的地址），厂商向 IEEE 购买的 OUI 都属于全球管理；当 G/L 位 = 1 时，是本地管理，这时用户可任意分配网络上的地址
 - (7) 所有 48 位都为 1 时，为广播地址。只能作为目的地址使用
3. 适配器检查MAC地址：适配器从网络上每收到一个 MAC 帧就首先用硬件检查 MAC 帧中的 MAC 地址，如果是发往本站的帧则收下，然后再进行其他的处理。否则就将此帧丢弃
- (1) “发往本站的帧” 包括以下三种：
 - 1) unicast单播帧（一对一）：完全相同的MAC地址
 - 2) broadcast广播帧（一对全体）：全1地址
 - 3) multicast多播帧（一对多）：发给局域网部分站点的帧，这种帧需要可编程方法识别，不被所有适配器支持
 - (2) promiscuous mode混杂方式：听到以太网的帧就直接接收下来，方便网管监视和分析流量，sniffer嗅探器也是用这种方式工作的；但hacker或cracker也能利用这种方式非法获取网上用户的口令
4. DIX Ethernet V2标准的MAC帧的格式



- (2) 利用以太网的Manchester编码，可以轻松找到数据终结处，FCS又固定为4字节，因此数据段就可定位在14字节~末尾-4字节
 - (3) 注：为了让MAC长度超过64字节，数据段<46字节时，末尾要填充0
 - (4) 另外，不使用SONET/SDH的同步传输中，为了让接收端尽快调整好时钟同步频率，第一帧前还需7字节前同步码和1字节帧开始定界符
5. IEEE802.3规定的无效MAC帧：
- (1) 帧的长度不是整数个字节；
 - (2) 帧检验序列 FCS 查出有差错；
 - (3) 数据字段的长度不在 46 ~ 1500 字节之间，即MAC 帧长度不在 64 ~ 1518 字节之间；
 - (4) 数据字段的长度与长度字段的值不一致（此处长度字段是IEEE802.3规定里特有的字段，小于0x6000=1536时表示数据段长度，否则表示数据段的类型，由于以太网的垄断，LLC层的消失，这段也没必要了）

- 1)
- 2)
- 3)
- 4)
- 5)
- 6)
- 7)
- 8) -----我是底线-----